



04D0
#5

Docket: 740819-000616

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re PATENT application of)
Mitsuru SEKIGU et al)
Serial No. 09/924,120) Group Art Unit: Unassigned
Filed: August 8, 2001)
For: SEMICONDUCTOR DEVICE AND)
METHOD FOR FABRICATING THE)
SAME)

TRANSMITTAL OF PRIORITY DOCUMENT AND CLAIM OF FOREIGN
FILING DATE PURSUANT TO 35 U.S.C. § 119


Assistant Commissioner for Patents

Washington, D.C. 20231

Sir:

At the time of filing the above-referenced application, benefit of foreign priority under 35 U.S.C. § 119 was claimed. Submitted herewith is a certified copy of priority document number 2000-253794 to perfect the claim of priority. Acknowledgment is respectfully requested.

Respectfully submitted,


Eric J. Robinson
Reg. No. 38,285

Nixon Peabody LLP
8180 Greensboro Drive, Suite 800
McLean, Virginia 22102
(703) 790-9110



日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年 8月24日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-253794

出 願 人

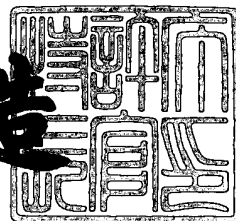
Applicant(s):

松下電器産業株式会社

2001年 8月17日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3074491

【書類名】 特許願

【整理番号】 2926410245

【提出日】 平成12年 8月24日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01L 21/3205

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府高槻市幸町1番1号 松下電子工業株式会社内

 【氏名】 関口 満

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府高槻市幸町1番1号 松下電子工業株式会社内

 【氏名】 原田 剛史

【特許出願人】

 【識別番号】 000005843

 【氏名又は名称】 松下電子工業株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100077931

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 前田 弘

【選任した代理人】

 【識別番号】 100094134

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 小山 廣毅

【選任した代理人】

 【識別番号】 100110939

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 竹内 宏

【選任した代理人】

 【識別番号】 100110940

 【弁理士】

【氏名又は名称】 嶋田 高久

【選任した代理人】

【識別番号】 100113262

【弁理士】

【氏名又は名称】 竹内 祐二

【選任した代理人】

【識別番号】 100115059

【弁理士】

【氏名又は名称】 今江 克実

【選任した代理人】

【識別番号】 100115510

【弁理士】

【氏名又は名称】 手島 勝

【選任した代理人】

【識別番号】 100115691

【弁理士】

【氏名又は名称】 藤田 篤史

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014409

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0006009

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体装置及びその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板上に形成された絶縁膜と、
前記絶縁膜中に形成され、銅又は銅合金からなる埋め込み配線とを備えており

、
前記絶縁膜と前記埋め込み配線との間に、酸化されても導電性を失わない金属、又は導電性を有する金属酸化物からなるバリアメタル膜を有することを特徴とする半導体装置。

【請求項 2】 基板上に形成された絶縁膜と、
前記絶縁膜上に形成され、銅又は銅合金からなる配線とを備えており、
前記絶縁膜と前記配線との間に、酸化されても導電性を失わない金属、又は導電性を有する金属酸化物からなるバリアメタル膜を有することを特徴とする半導体装置。

【請求項 3】 前記金属は、Ru、Ir 又は Ru 若しくは Ir を含む合金であることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の半導体装置。

【請求項 4】 前記金属酸化物は、 RuO_2 、 IrO_2 又は Ru 若しくは Ir を含む合金の酸化物であることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の半導体装置。

【請求項 5】 基板上的絶縁膜に凹部を形成する工程と、
前記凹部の壁面に、酸化されても導電性を失わない金属、又は導電性を有する金属酸化物からなるバリアメタル膜と、銅又は銅合金からなる第 1 の導電膜とを順次堆積する工程と、

電解メッキ法により前記第 1 の導電膜上に前記凹部が完全に埋まるように銅又は銅合金からなる第 2 の導電膜を成長させる工程と、

前記第 1 の導電膜と第 2 の導電膜とを一体化して第 3 の導電膜を形成することにより、前記第 3 の導電膜からなる埋め込み配線を形成する工程とを備えていることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 6】 基板上的絶縁膜の上に、酸化されても導電性を失わない金属、又は導電性を有する金属酸化物からなるバリアメタル膜と、銅又は銅合金からな

る第1の導電膜とを順次堆積する工程と、

電解メッキ法により前記第1の導電膜上に銅又は銅合金からなる第2の導電膜を成長させる工程と、

前記第1の導電膜と第2の導電膜とを一体化して第3の導電膜を形成する工程と、

配線形成領域を覆うマスクパターンを用いて、前記第3の導電膜に対してエッチングを行なうことにより、前記第3の導電膜からなる配線を形成する工程とを備えていることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項7】 基板上の絶縁膜に凹部を形成する工程と、

前記凹部の壁面に、酸化されても導電性を失わない金属、又は導電性を有する金属酸化物からなるバリアメタル膜を堆積する工程と、

前記バリアメタル膜上に前記凹部が完全に埋まるように銅又は銅合金からなる導電膜を形成することにより、前記導電膜からなる埋め込み配線を形成する工程とを備えていることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項8】 基板上の絶縁膜の上に、酸化されても導電性を失わない金属、又は導電性を有する金属酸化物からなるバリアメタル膜を堆積する工程と、

前記バリアメタル膜上に銅又は銅合金からなる導電膜を形成する工程と、

配線形成領域を覆うマスクパターンを用いて、前記導電膜に対してエッチングを行なうことにより、前記導電膜からなる配線を形成する工程とを備えていることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項9】 前記導電膜は、スパッタ法により堆積された後に酸化還元性雰囲気中において流動されることを特徴とする請求項7又は8に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項10】 前記金属は、Ru、Ir又はRu若しくはIrを含む合金であることを特徴とする請求項5～8のいずれか1つに記載の半導体装置の製造方法。

【請求項11】 前記金属酸化物は、 RuO_2 、 IrO_2 又はRu若しくはIrを含む合金の酸化物であることを特徴とする請求項5～8のいずれか1つに記載の半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、銅配線を有する半導体装置及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

0.18 μm 世代以降のシリコン L S I においては、トランジスタの高速化に対して配線の C R 成分による遅延が無視できなくなったため、従来の A l (比抵抗 $3 \mu\Omega \cdot \text{cm}$) に代えて、より低抵抗な C u (比抵抗 $1.7 \mu\Omega \cdot \text{cm}$) 又は C u を主成分とする金属 (以下、銅合金と称する) を配線材料に用いる検討が進んでいる。尚、本明細書においては、銅又は銅合金からなる配線を銅配線と称する。

【0003】

以下、従来の半導体装置の製造方法について、バリアメタル膜として T a 膜 (比抵抗 $200 \sim 230 \mu\Omega \cdot \text{cm}$) を用いる銅配線製造技術を例として、図 6 (a) ~ (e) を参照しながら説明する。

【0004】

まず、図 6 (a) に示すように、半導体基板 1 0 上の第 1 の絶縁膜 1 1 中に T a 膜からなる第 1 のバリアメタル膜 1 2 を介して銅膜からなる第 1 の配線 1 3 を埋め込む。その後、半導体基板 1 0 の上に第 1 のシリコン窒化膜 1 4、第 2 の絶縁膜 1 5、第 2 のシリコン窒化膜 1 6、及び第 3 の絶縁膜 1 7 を順次堆積した後、第 1 のシリコン窒化膜 1 4、第 2 の絶縁膜 1 5 及び第 2 のシリコン窒化膜 1 6 に、第 1 の配線 1 3 に達するビアホール 1 8 を形成すると共に、第 3 の絶縁膜 1 7 に、ビアホール 1 8 を介して第 1 の配線 1 3 に達する配線用溝 1 9 を形成する。このとき、第 1 のバリアメタル膜 1 2 又は第 1 のシリコン窒化膜 1 4 は、第 2 の絶縁膜 1 5 又は第 2 のシリコン窒化膜 1 6 等を堆積するときの 400°C 程度の熱処理により、第 1 の配線 1 3 を構成する銅原子が第 1 の絶縁膜 1 1 又は第 2 の絶縁膜 1 5 等の内部に拡散する事態を防止する。すなわち、第 1 のバリアメタル膜 1 2 又は第 1 のシリコン窒化膜 1 4 は、銅原子の拡散に対するバリア性を有し

ている。

【0005】

次に、図6（b）に示すように、ビアホール18及び配線用溝19のそれぞれの底部及び壁面に、Ta膜からなる第2のバリアメタル膜20、及び銅膜からなる銅シード層21をスパッタ法により順次堆積する。

【0006】

次に、半導体基板10をスパッタ装置から取り出してメッキ装置に搬入する。このとき、半導体基板10の表面つまり銅シード層21の表面が空気にさらされる。その後、図6（c）に示すように、電解メッキ法を用いて銅シード層21の上に銅メッキ膜22を、ビアホール18及び配線用溝19のそれぞれが完全に埋まるように成長させる。

【0007】

次に、銅メッキ膜22の結晶粒を成長させるために銅メッキ膜22に対して熱処理（例えば100℃程度の温度下で2時間程度）を行なう。これにより、図6（d）に示すように、銅シード層21と銅メッキ膜22とが一体化して配線用銅膜23が形成される。

【0008】

次に、図6（e）に示すように、配線用溝19の外側の第2のバリアメタル膜20及び配線用銅膜23を除去して、配線用銅膜23からなるビア24及び第2の配線25を形成する。これにより、ビア24を介して第1の配線13と第2の配線25とが接続される。

【0009】

その後、図示は省略しているが、必要に応じて、図6（a）～（e）に示す工程（但し、図6（a）に示す工程については第1のシリコン窒化膜14を堆積する工程以降）を繰り返すことにより、所望の多層配線構造を形成する。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、従来の半導体装置の製造方法においては、スパッタ法を用いて銅シード層21を堆積するときに、図7（a）に示すように、スパッタ法の指向

性に起因して、銅シード層 21 におけるビアホール 18 の壁面上の部分が薄膜化し、それによって、第 2 のバリアメタル膜 20 におけるビアホール 18 の壁面上の部分が露出する可能性がある。前述のように、銅シード層 21 の堆積後に半導体基板 10 をスパッタ装置から取り出してメッキ装置に搬入するときに、半導体基板 10 の表面が空気にさらされるが、このとき、第 2 のバリアメタル膜 20 つまり Ta 膜が露出していると、該露出部分が空気にさらされて酸化されてしまう。その場合、Ta の酸化物は非常に導電性が悪い誘電体であるため、電解メッキ法により銅メッキ膜 22 を成長させてビアホール 18 を埋め込むときに、第 2 のバリアメタル膜 20 が酸化されている部分には電流が流れなくなる。その結果、図 7 (b) に示すように、ビアホール 18 等においてボイド等の埋め込み不良が発生してしまう。同様の問題は、第 2 のバリアメタル膜 20 として TaN 膜（比抵抗 $200 \sim 230 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ ）、Ti 膜（比抵抗 $50 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ ）又は TiN 膜（比抵抗 $200 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ ）等を用いた場合にも生じる。

【0011】

ところで、基板上の絶縁膜に形成された凹部に銅膜を埋め込むときに、電解メッキ法に代えて、例えばスパッタ+リフロー法又は CVD (chemical vapor deposition) 法等を用いることができる。

【0012】

電解メッキ法に代えてスパッタ+リフロー法を用いると共にスパッタ+リフロー法のうちのリフロー法として酸化還元リフロー法（第 42 回応用物理学会関係連合講演会予稿集（1995 年春季）, p810, Cu 配線技術（1）～酸化・還元反応による Cu リフローの低温化～）を用いる場合、凹部が形成された絶縁膜上に、例えば Ta 膜からなるバリアメタル膜を介して厚い銅膜をスパッタ法により堆積した後、酸化還元リフロー法を用いて、酸化還元性雰囲気中で銅膜に対して酸化及び還元を繰り返し行ない、それにより生じる反応熱によって銅膜を流動させて凹部を埋め込む。ところが、銅膜に対して酸化を行なうときにバリアメタル膜つまり Ta 膜等も酸化されてバリアメタル膜の導電性が低下する結果、バリアメタル膜を含めた配線又はビア等の抵抗（以下、単に配線抵抗と称する）が増大してしまうという問題が生じる。同様の問題は、電解メッキ法、スパッタ+リフロー法

又はCVD法等により絶縁膜（凹部が形成されていてもよい）上にバリアメタル膜を介して銅膜を形成した後に銅膜をパターンニングして配線を形成する場合にも生じる。

【0013】

前記に鑑み、本発明は、埋め込み不良の発生を防止しつつ、電解メッキ法により凹部におけるシード層の上又はバリアメタル膜の上に導電膜を形成できるようにすることを第1の目的とし、バリアメタル膜の酸化に起因して配線抵抗が増大しないようにすることを第2の目的とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】

前記の第1又は第2の目的を達成するために、本発明に係る第1の半導体装置は、基板上に形成された絶縁膜と、絶縁膜中に形成され、銅又は銅合金からなる埋め込み配線とを備えており、絶縁膜と埋め込み配線との間に、酸化されても導電性を失わない金属、又は導電性を有する金属酸化物からなるバリアメタル膜を有する。

【0015】

第1の半導体装置によると、絶縁膜と埋め込み配線との間に、酸化されても導電性を失わない金属、又は導電性を有する金属酸化物からなるバリアメタル膜が形成されている。このため、電解メッキ法により埋め込み配線となる導電膜が形成されている場合には、次のような効果が得られる。すなわち、絶縁膜に形成された凹部（配線用溝又はビアホール等）の壁面にバリアメタル膜及びシード層を順次堆積したときに、シード層のカバレッジが悪いことに起因してバリアメタル膜に露出部分が生じても、該露出部分が酸化によって導電性を失うことがない。従って、埋め込み不良の発生を防止しつつ、電解メッキ法により凹部におけるシード層の上又はバリアメタル膜の上に導電膜を形成することができる。また、電解メッキ法以外の方法により埋め込み配線となる導電膜が形成されている場合には、次のような効果が得られる。すなわち、凹部の壁面にバリアメタル膜を堆積した後に、例えば酸化性雰囲気中でバリアメタル膜の上に導電膜を形成するときにも、バリアメタル膜が酸化によって導電性を失うことがない。従って、バリア

メタル膜の酸化に起因して配線抵抗が増大する事態を防止できる。

【0016】

前記の第2の目的を達成するために、本発明に係る第2の半導体装置は、基板上に形成された絶縁膜と、絶縁膜上に形成され、銅又は銅合金からなる配線とを備えており、絶縁膜と配線との間に、酸化されても導電性を失わない金属、又は導電性を有する金属酸化物からなるバリアメタル膜を有する。

【0017】

第2の半導体装置によると、絶縁膜と配線との間に、酸化されても導電性を失わない金属、又は導電性を有する金属酸化物からなるバリアメタル膜が形成されている。このため、絶縁膜上にバリアメタル膜を堆積した後に、例えば酸化性雰囲気中でバリアメタル膜の上に配線用導電膜を形成するときにも、バリアメタル膜が酸化によって導電性を失うことがない。従って、バリアメタル膜の酸化に起因して配線抵抗が増大する事態を防止できる。

【0018】

第1又は第2の半導体装置において、金属は、Ru、Ir又はRu若しくはIrを含む合金であることが好ましい。

【0019】

このようにすると、バリアメタル膜が酸化によって導電性を失うことを確実に防止できる。

【0020】

第1又は第2の半導体装置において、金属酸化物は、 RuO_2 、 IrO_2 又はRu若しくはIrを含む合金の酸化物であることが好ましい。

【0021】

このようにすると、バリアメタル膜が酸化によって導電性を失うことを確実に防止できる。

【0022】

前記の第1の目的を達成するために、本発明に係る第1の半導体装置の製造方法は、基板上の絶縁膜に凹部を形成する工程と、凹部の壁面に、酸化されても導電性を失わない金属、又は導電性を有する金属酸化物からなるバリアメタル膜と

、銅又は銅合金からなる第 1 の導電膜とを順次堆積する工程と、電解メッキ法により第 1 の導電膜上に凹部が完全に埋まるように銅又は銅合金からなる第 2 の導電膜を成長させる工程と、第 1 の導電膜と第 2 の導電膜とを一体化して第 3 の導電膜を形成することにより、第 3 の導電膜からなる埋め込み配線を形成する工程とを備えている。

【 0 0 2 3 】

第 1 の半導体装置の製造方法によると、基板上の絶縁膜に形成された凹部の壁面に、酸化されても導電性を失わない金属、又は導電性を有する金属酸化物からなるバリアメタル膜と、第 1 の導電膜とを順次堆積した後、電解メッキ法により第 1 の導電膜上に凹部が完全に埋まるように第 2 の導電膜を成長させ、その後、第 1 の導電膜と第 2 の導電膜とが一体化した第 3 の導電膜からなる埋め込み配線を形成する。このため、凹部の壁面にバリアメタル膜及び第 1 の導電膜つまりシード層を順次堆積したときに、シード層のカバレッジが悪いことに起因してバリアメタル膜に露出部分が生じても、該露出部分が酸化によって導電性を失うことがない。従って、埋め込み不良の発生を防止しつつ、電解メッキ法により凹部におけるシード層の上又はバリアメタル膜の上に第 2 の導電膜を形成することができる。

【 0 0 2 4 】

前記の第 2 の目的を達成するために、本発明に係る第 2 の半導体装置の製造方法は、基板上の絶縁膜の上に、酸化されても導電性を失わない金属、又は導電性を有する金属酸化物からなるバリアメタル膜と、銅又は銅合金からなる第 1 の導電膜とを順次堆積する工程と、電解メッキ法により第 1 の導電膜上に銅又は銅合金からなる第 2 の導電膜を成長させる工程と、第 1 の導電膜と第 2 の導電膜とを一体化して第 3 の導電膜を形成する工程と、配線形成領域を覆うマスクパターンを用いて、第 3 の導電膜に対してエッチングを行なうことにより、第 3 の導電膜からなる配線を形成する工程とを備えている。

【 0 0 2 5 】

第 2 の半導体装置の製造方法によると、基板上の絶縁膜の上に、酸化されても導電性を失わない金属、又は導電性を有する金属酸化物からなるバリアメタル膜

と、第 1 の導電膜とを順次堆積した後、電解メッキ法により第 1 の導電膜上に第 2 の導電膜を成長させ、その後、第 1 の導電膜と第 2 の導電膜とが一体化した第 3 の導電膜に対してエッチングを行なって配線を形成する。このため、絶縁膜の上にバリアメタル膜及び第 1 の導電膜つまりシード層を順次堆積したときに、シード層のカバレッジが悪いことに起因してバリアメタル膜に露出部分が生じてても、該露出部分が酸化によって導電性を失うことがない。従って、バリアメタル膜の酸化に起因して配線抵抗が増大する事態を回避できる。

【 0 0 2 6 】

前記の第 2 の目的を達成するために、本発明に係る第 3 の半導体装置の製造方法は、基板上の絶縁膜に凹部を形成する工程と、凹部の壁面に、酸化されても導電性を失わない金属、又は導電性を有する金属酸化物からなるバリアメタル膜を堆積する工程と、バリアメタル膜上に凹部が完全に埋まるように銅又は銅合金からなる導電膜を形成することにより、導電膜からなる埋め込み配線を形成する工程とを備えている。

【 0 0 2 7 】

第 3 の半導体装置の製造方法によると、基板上の絶縁膜に形成された凹部の壁面に、酸化されても導電性を失わない金属、又は導電性を有する金属酸化物からなるバリアメタル膜を堆積した後、バリアメタル膜上に凹部が完全に埋まるように導電膜を形成することによって埋め込み配線を形成する。このため、凹部の壁面にバリアメタル膜を堆積した後に、例えば酸化性雰囲気中でバリアメタル膜の上に導電膜を形成するときにも、バリアメタル膜が酸化によって導電性を失うことがない。従って、バリアメタル膜の酸化に起因して配線抵抗が増大する事態を防止できる。

【 0 0 2 8 】

前記の第 2 の目的を達成するために、本発明に係る第 4 の半導体装置の製造方法は、基板上の絶縁膜の上に、酸化されても導電性を失わない金属、又は導電性を有する金属酸化物からなるバリアメタル膜を堆積する工程と、バリアメタル膜上に銅又は銅合金からなる導電膜を形成する工程と、配線形成領域を覆うマスクパターンを用いて、導電膜に対してエッチングを行なうことにより、導電膜から

なる配線を形成する工程とを備えている。

【0029】

第4の半導体装置の製造方法によると、基板上の絶縁膜の上に、酸化されても導電性を失わない金属、又は導電性を有する金属酸化物からなるバリアメタル膜を堆積した後、バリアメタル膜上に導電膜を形成し、その後、導電膜に対してエッチングを行なって配線を形成する。このため、絶縁膜上にバリアメタル膜を堆積した後に、例えば酸化性雰囲気中でバリアメタル膜の上に導電膜を形成するときにも、バリアメタル膜が酸化によって導電性を失うことがない。従って、バリアメタル膜の酸化に起因して配線抵抗が増大する事態を防止できる。

【0030】

第3又は第4の半導体装置の製造方法において、導電膜は、スパッタ法により堆積された後に酸化還元性雰囲気中において流動されることが好ましい。

【0031】

このようにすると、導電膜のカバレッジが良くなる。

【0032】

第1、第2、第3又は第4の半導体装置の製造方法において、金属は、Ru、Ir又はRu若しくはIrを含む合金であることが好ましい。

【0033】

このようにすると、バリアメタル膜が酸化によって導電性を失うことを確実に防止できる。

【0034】

第1、第2、第3又は第4の半導体装置の製造方法において、金属酸化物は、 RuO_2 、 IrO_2 又はRu若しくはIrを含む合金の酸化物であることが好ましい。

【0035】

このようにすると、バリアメタル膜が酸化によって導電性を失うことを確実に防止できる。

【0036】

【発明の実施の形態】

(第1の実施形態)

以下、本発明の第1の実施形態に係る半導体装置及びその製造方法について、

図1(a)～(e)を参照しながら説明する。

【0037】

まず、図1(a)に示すように、半導体基板100上の第1の絶縁膜101中に例えばTa膜からなる第1のバリアメタル膜102を介して例えば銅膜からなる第1の配線103を埋め込む。その後、半導体基板100の上に第1のシリコン窒化膜104、第2の絶縁膜105、第2のシリコン窒化膜106、及び第3の絶縁膜107を順次堆積した後、第1のシリコン窒化膜104、第2の絶縁膜105及び第2のシリコン窒化膜106に、第1の配線103に達する深さ約500nmのビアホール108を形成すると共に、第3の絶縁膜107に、ビアホール108を介して第1の配線103に達する深さ約300nmの配線用溝109を形成する。このとき、第1のバリアメタル膜102又は第1のシリコン窒化膜104は、第2の絶縁膜105又は第2のシリコン窒化膜106等を堆積するときの400℃程度の熱処理（例えばプラズマCVD法等）により、第1の配線103を構成する銅原子が第1の絶縁膜101又は第2の絶縁膜105等の内部に拡散する事態を防止する。すなわち、バリアメタル膜102又は第1のシリコン窒化膜104は、銅原子の拡散に対するバリア性を有している。

【0038】

次に、図1(b)に示すように、例えばスパッタ法により半導体基板100の上に膜厚25nmのRu（ルテニウム）膜からなる第2のバリアメタル膜110を堆積した後、例えばスパッタ法により第2のバリアメタル膜110の上に膜厚150nmの銅膜からなる銅シード層111を堆積する。これにより、ビアホール108及び配線用溝109のそれぞれの底部及び壁面が第2のバリアメタル膜110及び銅シード層111により覆われる。

【0039】

次に、半導体基板100をスパッタ装置から取り出してメッキ装置に搬入する。このとき、銅シード層111のカバレッジが悪いことに起因して第2のバリアメタル膜110に露出部分があると、該露出部分が空気にさらされて酸化する。

しかし、第2のバリアメタル膜110を構成するRuの比抵抗が $7.5 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ であるのに対して、Ruの酸化物である RuO_2 の比抵抗は $35 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ であるので、第2のバリアメタル膜110は酸化されても導電性を失わない。

【0040】

その後、図1(c)に示すように、電解メッキ法により銅シード層111の上・に膜厚500nmの銅メッキ膜112を、ビアホール108及び配線用溝109のそれぞれが完全に埋まるように成長させる。具体的には、半導体基板100を CuSO_4 及び H_2SO_4 等を含むメッキ液に浸漬した後、半導体基板100が負電位となるように電解メッキ法を実施する。このとき、ビアホール108の壁面上等で銅シード層111により第2のバリアメタル膜110が覆われていない場合にも、第2のバリアメタル膜110が酸化によって導電性を失うことがないので、銅メッキ膜112によりビアホール108及び配線用溝109のそれぞれを確実に埋め込むことができる。

【0041】

次に、半導体基板100をメッキ装置から取り出した後、銅メッキ膜112の結晶粒を成長させるために銅メッキ膜112に対して熱処理（例えば100℃程度の温度下で2時間程度）を行なう。これにより、図1(d)に示すように、銅シード層111と銅メッキ膜112とが一体化して配線用銅膜113が形成される。尚、銅メッキ膜112に対して前述の熱処理を行なう代わりに、半導体基板100を室温下で2日間程放置しておいてもよい。

【0042】

次に、図1(e)に示すように、例えばCMP法等を用いて、配線用溝109の外側の第2のバリアメタル膜110及び配線用銅膜113を除去して、配線用銅膜113からなるビア114及び第2の配線115を形成する。これにより、ビア114を介して第1の配線103と第2の配線115とが接続される。

【0043】

その後、図示は省略しているが、必要に応じて、図1(a)～(e)に示す工程（但し、図1(a)に示す工程については第1のシリコン窒化膜104を堆積する工程以降）を繰り返すことにより、所望の多層配線構造を形成する。

【0044】

以上に説明したように、第1の実施形態によると、ビアホール108及び配線用溝109のそれぞれの底部及び壁面に、Ruつまり「酸化されても導電性を失わない金属」からなる第2のバリアメタル膜110と、銅シード層111とを順次堆積した後、電解メッキ法により銅シード層111上に銅メッキ膜112をビアホール108及び配線用溝109のそれぞれが完全に埋まるように成長させ、その後、銅シード層111と銅メッキ膜112とが一体化した配線用銅膜113からなるビア114及び第2の配線115を形成する。このため、ビアホール108又は配線用溝109の壁面に第2のバリアメタル膜110及び銅シード層111を順次堆積したときに、銅シード層111のカバレッジが悪いことに起因して第2のバリアメタル膜110に露出部分が生じて、該露出部分が酸化によって導電性を失うことがない。従って、埋め込み不良の発生を防止しつつ、電解メッキ法によりビアホール108又は配線用溝109における銅シード層111の上又は第2のバリアメタル膜110の上に銅メッキ膜112を形成することができる。すなわち、ビアホール108又は配線用溝109に対する銅メッキ膜112の埋め込みマージンが拡大する。

【0045】

尚、第1の実施形態において、第2のバリアメタル膜110の材料として、Ruを用いたが、これに代えて、他の「酸化されても導電性を失わない金属」、例えばIr（比抵抗 $6.5 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ ：Irの酸化物である IrO_2 の比抵抗は $30 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ 程度）、又はRu若しくはIrを含む合金等を用いてもよい。

【0046】

また、第1の実施形態において、第1の配線103、銅シード層111又は銅メッキ膜112の材料として純銅を用いたが、これに代えて、銅合金を用いてもよい。

【0047】

また、第1の実施形態において、第1のバリアメタル膜102としてTa膜を用いたが、これに代えて、Ta₂N膜、Ti膜又はTiN膜等を用いてもよい。

【0048】

また、第 1 の実施形態において、第 1 の絶縁膜 1 0 1、第 2 の絶縁膜 1 0 5、又は第 3 の絶縁膜 1 0 7 として、 SiO_2 膜、塗布膜、又は C を含む誘電率の低い CVD 膜等を用いてもよい。

【 0 0 4 9 】

また、第 1 の実施形態において、ビアホール 1 0 8 と配線用溝 1 0 9 とを同時に導電膜により埋め込むデュアルダマシン法を用いたが、これに代えて、ビアホール 1 0 8 と配線用溝 1 0 9 とを別々に形成すると共に別々に導電膜により埋め込んでもよい。

【 0 0 5 0 】

また、第 1 の実施形態において、Ta 膜からなる第 1 のバリアメタル膜 1 0 2 を含めた第 1 の配線 1 0 3 の抵抗を低減するために、第 1 のバリアメタル膜 1 0 2 の下側に Ta 膜以外の他の金属膜を設けてもよい。

【 0 0 5 1 】

また、第 1 の実施形態において、Ru 膜からなる第 2 のバリアメタル膜 1 1 0 を含めたビア 1 1 4 又は第 2 の配線 1 1 5 の抵抗を低減するために、第 2 のバリアメタル膜 1 1 0 の下側に Ru 膜以外の他の金属膜を設けてもよい。

【 0 0 5 2 】

(第 2 の実施形態)

以下、本発明の第 2 の実施形態に係る半導体装置及びその製造方法について、図 2 (a) ~ (e) を参照しながら説明する。

【 0 0 5 3 】

まず、第 1 の実施形態の図 1 (a) に示す工程と同じく図 2 (a) に示すように、半導体基板 2 0 0 上の第 1 の絶縁膜 2 0 1 中に例えば Ta 膜からなる第 1 のバリアメタル膜 2 0 2 を介して例えば銅膜からなる第 1 の配線 2 0 3 を埋め込む。その後、半導体基板 2 0 0 の上に第 1 のシリコン窒化膜 2 0 4、第 2 の絶縁膜 2 0 5、第 2 のシリコン窒化膜 2 0 6、及び第 3 の絶縁膜 2 0 7 を順次堆積した後、第 1 のシリコン窒化膜 2 0 4、第 2 の絶縁膜 2 0 5 及び第 2 のシリコン窒化膜 2 0 6 に、第 1 の配線 2 0 3 に達する深さ約 5 0 0 nm のビアホール 2 0 8 を形成すると共に、第 3 の絶縁膜 2 0 7 に、ビアホール 2 0 8 を介して第 1 の配線

203に達する深さ約300nmの配線用溝209を形成する。このとき、第1のバリアメタル膜202又は第1のシリコン窒化膜204は、第2の絶縁膜205又は第2のシリコン窒化膜206等を堆積するときの400℃程度の熱処理（例えばプラズマCVD法等）により、第1の配線203を構成する銅原子が第1の絶縁膜201又は第2の絶縁膜205等の内部に拡散する事態を防止する。すなわち、第1のバリアメタル膜202又は第1のシリコン窒化膜204は、銅原子の拡散に対するバリア性を有している。

【0054】

次に、図2（b）に示すように、例えば酸素（ O_2 ）雰囲気中でRuターゲットに対してスパッタを行なう反応性スパッタ法により、半導体基板100の上に膜厚25nmの RuO_2 膜からなる第2のバリアメタル膜210を堆積した後、例えばスパッタ法により第2のバリアメタル膜210の上に膜厚150nmの銅膜からなる銅シード層211を堆積する。これにより、ビアホール208及び配線用溝209のそれぞれの底部及び壁面が第2のバリアメタル膜210及び銅シード層211により覆われる。

【0055】

次に、半導体基板200をスパッタ装置から取り出してメッキ装置に搬入する。このとき、銅シード層211のカバレッジが悪いことに起因して第2のバリアメタル膜210に露出部分があると、該露出部分が空気にさらされる。しかし、第2のバリアメタル膜210を構成する RuO_2 （比抵抗は $35\mu\Omega\cdot cm$ ）は元々導電性を有する金属酸化物であるので、さらに酸化されて導電性を失うことはない。

【0056】

その後、図2（c）に示すように、電解メッキ法により銅シード層211の上に膜厚500nmの銅メッキ膜212を、ビアホール208及び配線用溝209のそれぞれが完全に埋まるように成長させる。具体的には、半導体基板200を $CuSO_4$ 及び H_2SO_4 等を含むメッキ液に浸漬した後、半導体基板200が負電位となるように電解メッキ法を実施する。このとき、ビアホール208の壁面上等で銅シード層211により第2のバリアメタル膜210が覆われていない場

合にも、第2のバリアメタル膜210が酸化によって導電性を失うことがないので、銅メッキ膜212によりビアホール208及び配線用溝209のそれぞれを確実に埋め込むことができる。

【0057】

次に、半導体基板200をメッキ装置から取り出した後、銅メッキ膜212の結晶粒を成長させるために銅メッキ膜212に対して熱処理（例えば100℃程度の温度下で2時間程度）を行なう。これにより、図2（d）に示すように、銅シード層211と銅メッキ膜212とが一体化して配線用銅膜213が形成される。尚、銅メッキ膜212に対して前述の熱処理を行なう代わりに、半導体基板200を室温下で2日間程放置しておいてもよい。

【0058】

次に、図2（e）に示すように、例えばCMP法等を用いて、配線用溝209の外側の第2のバリアメタル膜210及び配線用銅膜213を除去して、配線用銅膜213からなるビア214及び第2の配線215を形成する。これにより、ビア214を介して第1の配線203と第2の配線215とが接続される。

【0059】

その後、図示は省略しているが、必要に応じて、図2（a）～（e）に示す工程（但し、図2（a）に示す工程については第1のシリコン窒化膜204を堆積する工程以降）を繰り返すことにより、所望の多層配線構造を形成する。

【0060】

以上に説明したように、第2の実施形態によると、ビアホール208及び配線用溝209のそれぞれの底部及び壁面に、 RuO_2 つまり「導電性を有する金属酸化物」からなる第2のバリアメタル膜210と、銅シード層211とを順次堆積した後、電解メッキ法により銅シード層211上に銅メッキ膜212をビアホール208及び配線用溝209のそれぞれが完全に埋まるように成長させ、その後、銅シード層211と銅メッキ膜212とが一体化した配線用銅膜213からなるビア214及び第2の配線215を形成する。このため、ビアホール208又は配線用溝209の壁面に第2のバリアメタル膜210及び銅シード層211を順次堆積したときに、銅シード層211のカバレッジが悪いことに起因して第

2 のバリアメタル膜 2 1 0 に露出部分が生じても、該露出部分が酸化によって導電性を失うことがない。従って、埋め込み不良の発生を防止しつつ、電解メッキ法によりビアホール 2 0 8 又は配線用溝 2 0 9 における銅シード層 2 1 1 の上又は第 2 のバリアメタル膜 2 1 0 の上に銅メッキ膜 2 1 2 を形成することができる。すなわち、ビアホール 2 0 8 又は配線用溝 2 0 9 に対する銅メッキ膜 2 1 2 の埋め込みマージンが拡大する。

【 0 0 6 1 】

尚、第 2 の実施形態において、第 2 のバリアメタル膜 2 1 0 の材料として、 RuO_2 を用いたが、これに代えて、他の「導電性を有する金属酸化物」、例えば IrO_2 (比抵抗 $30\ \mu\Omega \cdot \text{cm}$ 程度)、 Ru 若しくは Ir を含む合金の酸化物、 YBCO ($\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$) 等の超伝導酸化物、又は $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{MnO}_3$ 等の化合物等を用いてもよい。

【 0 0 6 2 】

また、第 2 の実施形態において、第 1 の配線 2 0 3、銅シード層 2 1 1 又は銅メッキ膜 2 1 2 の材料として純銅を用いたが、これに代えて、銅合金を用いてもよい。

【 0 0 6 3 】

また、第 2 の実施形態において、第 1 のバリアメタル膜 2 0 2 として Ta 膜を用いたが、これに代えて、 TaN 膜、 Ti 膜又は TiN 膜等を用いてもよい。

【 0 0 6 4 】

また、第 2 の実施形態において、第 1 の絶縁膜 2 0 1、第 2 の絶縁膜 2 0 5、又は第 3 の絶縁膜 2 0 7 として、 SiO_2 膜、塗布膜、又は C を含む誘電率の低い CVD 膜等を用いてもよい。

【 0 0 6 5 】

また、第 2 の実施形態において、ビアホール 2 0 8 と配線用溝 2 0 9 とを同時に導電膜により埋め込むデュアルダマシン法を用いたが、これに代えて、ビアホール 2 0 8 と配線用溝 2 0 9 とを別々に形成すると共に別々に導電膜により埋め込んでもよい。

【 0 0 6 6 】

また、第2の実施形態において、Ta膜からなる第1のバリアメタル膜202を含めた第1の配線203の抵抗を低減するために、第1のバリアメタル膜202の下側にTa膜以外の他の金属膜を設けてもよい。

【0067】

また、第2の実施形態において、RuO₂膜からなる第2のバリアメタル膜210を含めたビア214又は第2の配線215の抵抗を低減するために、第2のバリアメタル膜210の下側にRuO₂膜以外の他の金属膜を設けてもよい。

【0068】

(第3の実施形態)

以下、本発明の第3の実施形態に係る半導体装置及びその製造方法について、図3(a)～(d)を参照しながら説明する。

【0069】

まず、第1の実施形態の図1(a)に示す工程と同じく図3(a)に示すように、半導体基板300上の第1の絶縁膜301中に例えばTa膜からなる第1のバリアメタル膜302を介して例えば銅膜からなる第1の配線303を埋め込む。その後、半導体基板300の上に第1のシリコン窒化膜304、第2の絶縁膜305、第2のシリコン窒化膜306、及び第3の絶縁膜307を順次堆積した後、第1のシリコン窒化膜304、第2の絶縁膜305及び第2のシリコン窒化膜306に、第1の配線303に達する深さ約500nmのビアホール308を形成すると共に、第3の絶縁膜307に、ビアホール308を介して第1の配線303に達する深さ約300nmの配線用溝309を形成する。このとき、第1のバリアメタル膜302又は第1のシリコン窒化膜304は、第2の絶縁膜305又は第2のシリコン窒化膜306等を堆積するときの400℃程度の熱処理(例えばプラズマCVD法等)により、第1の配線303を構成する銅原子が第1の絶縁膜301又は第2の絶縁膜305等の内部に拡散する事態を防止する。すなわち、第1のバリアメタル膜302又は第1のシリコン窒化膜304は、銅原子の拡散に対するバリア性を有している。

【0070】

次に、図3(b)に示すように、例えばスパッタ法により半導体基板300の

上に膜厚 25 nm の Ru 膜からなる第 2 のバリアメタル膜 310 を堆積する。これにより、ビアホール 308 及び配線用溝 309 のそれぞれの底部及び壁面が第 2 のバリアメタル膜 310 により覆われる。その後、例えばスパッタ法により第 2 のバリアメタル膜 310 の上に膜厚 600 nm の配線用銅膜 311 を堆積する。このとき、図 3 (b) に示すように、スパッタ法の指向性に起因して、配線用銅膜 311 によりビアホール 308 又は配線用溝 309 を埋め込むことはできない。

【0071】

次に、図 3 (c) に示すように、例えば酸化還元リフロー法を用いて、酸化還元性雰囲気中で配線用銅膜 311 に対して酸化及び還元を繰り返し行ない、それにより生じる反応熱によって配線用銅膜 311 を流動させてビアホール 308 及び配線用溝 309 を埋め込む。尚、配線用銅膜 311 に対して酸化を行なうときに第 2 のバリアメタル膜 310 も酸化される。しかし、第 2 のバリアメタル膜 310 を構成する Ru の比抵抗が $7.5 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ であるのに対して、Ru の酸化物である RuO_2 の比抵抗は $35 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ であるので、第 2 のバリアメタル膜 310 は酸化されても導電性を失わない。

【0072】

次に、図 3 (d) に示すように、例えば CMP 法等を用いて、配線用溝 309 の外側の第 2 のバリアメタル膜 310 及び配線用銅膜 311 を除去して、配線用銅膜 311 からなるビア 312 及び第 2 の配線 313 を形成する。これにより、ビア 312 を介して第 1 の配線 303 と第 2 の配線 313 とが接続される。

【0073】

その後、図示は省略しているが、必要に応じて、図 3 (a) ~ (d) に示す工程（但し、図 3 (a) に示す工程については第 1 のシリコン窒化膜 304 を堆積する工程以降）を繰り返すことにより、所望の多層配線構造を形成する。

【0074】

以上に説明したように、第 3 の実施形態によると、ビアホール 308 及び配線用溝 309 のそれぞれの底部及び壁面に、Ru つまり「酸化されても導電性を失わない金属」からなる第 2 のバリアメタル膜 310 を堆積した後、第 2 のバリア

メタル膜 310 上に配線用銅膜 311 をビアホール 308 及び配線用溝 309 のそれぞれが完全に埋まるように形成することによってビア 312 及び第 2 の配線 313 を形成する。このため、ビアホール 308 又は配線用溝 309 の壁面に第 2 のバリアメタル膜 310 を堆積した後に、例えば酸化性雰囲気中で第 2 のバリアメタル膜 310 の上に配線用銅膜 311 を形成するときにも、第 2 のバリアメタル膜 310 が酸化によって導電性を失うことがない。従って、第 2 のバリアメタル膜 310 の酸化に起因して、第 2 のバリアメタル膜 310 を含めたビア 312 又は第 2 の配線 313 の抵抗が増大する事態を防止できる。

【0075】

尚、第 3 の実施形態において、第 2 のバリアメタル膜 310 の材料として Ru を用いたが、これに代えて、他の「酸化されても導電性を失わない金属」、例えば Ir、又は Ru 若しくは Ir を含む合金等を用いてもよい。或いは、「酸化されても導電性を失わない金属」に代えて、「導電性を有する金属酸化物」、例えば RuO_2 、 IrO_2 、Ru 若しくは Ir を含む合金の酸化物、YBCO 等の超伝導酸化物、又は $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{MnO}_3$ 等の化合物等を用いてもよい。

【0076】

また、第 3 の実施形態において、第 1 の配線 303 又は配線用銅膜 311 の材料として純銅を用いたが、これに代えて、銅合金を用いてもよい。

【0077】

また、第 3 の実施形態において、第 1 のバリアメタル膜 302 として Ta 膜を用いたが、これに代えて、Ta₂N 膜、Ti 膜又は TiN 膜等を用いてもよい。

【0078】

また、第 3 の実施形態において、第 1 の絶縁膜 301、第 2 の絶縁膜 305、又は第 3 の絶縁膜 307 として、 SiO_2 膜、塗布膜、又は C を含む誘電率の低い CVD 膜等を用いてもよい。

【0079】

また、第 3 の実施形態において、配線用銅膜 311 を形成するためにスパッタ＋リフロー法を用いたが、これに代えて、CVD 法、無電解メッキ法、イオンプレーティング法、又は CVD＋高温スパッタ法（CVD 法により薄い銅膜を堆積

した後に高温スパッタ法により薄い銅膜の上に厚い銅膜を堆積する方法)等を用いてもよい。また、スパッタ+リフロー法のうちのリフロー法として、酸化還元リフロー法を用いたが、これに代えて、他のリフロー法を用いてもよい。

【0080】

また、第3の実施形態において、ビアホール308と配線用溝309とを同時に導電膜により埋め込むデュアルダマシン法を用いたが、これに代えて、ビアホール308と配線用溝309とを別々に形成すると共に別々に導電膜により埋め込んでもよい。

【0081】

また、第3の実施形態において、Ta膜からなる第1のバリアメタル膜302を含めた第1の配線303の抵抗を低減するために、第1のバリアメタル膜302の下側にTa膜以外の他の金属膜を設けてもよい。

【0082】

また、第3の実施形態において、Ru膜からなる第2のバリアメタル膜310を含めたビア312又は第2の配線313の抵抗を低減するために、第2のバリアメタル膜310の下側にRu膜以外の他の金属膜を設けてもよい。

【0083】

(第4の実施形態)

以下、本発明の第4の実施形態に係る半導体装置及びその製造方法について、図4(a)～(e)及び図5(a)～(d)を参照しながら説明する。

【0084】

まず、図4(a)に示すように、例えばスパッタ法により、半導体基板400上の第1の絶縁膜401の上に膜厚10nmのRu膜からなる第1のバリアメタル膜402を堆積した後、例えばスパッタ法により第1のバリアメタル膜402の上に膜厚100nmの銅膜からなる銅シード層403を堆積する。

【0085】

次に、半導体基板400をスパッタ装置から取り出してメッキ装置に搬入する。このとき、銅シード層403のカバレッジが悪いことに起因して第1のバリアメタル膜402に露出部分があると、該露出部分が空気にさらされて酸化する。

しかし、第1のバリアメタル膜402を構成するRuの比抵抗が $7.5 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ であるのに対して、Ruの酸化物である RuO_2 の比抵抗は $35 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ であるので、第1のバリアメタル膜402は酸化されても導電性を失わない。

【0086】

その後、図4(a)に示すように、電解メッキ法により銅シード層403の上に膜厚500nmの銅メッキ膜404を成長させる。具体的には、半導体基板400を CuSO_4 及び H_2SO_4 等を含むメッキ液に浸漬した後、半導体基板400が負電位となるように電解メッキ法を実施する。尚、図示は省略しているが、第1の絶縁膜401にコンタクトホール又はビアホール等の凹部が形成されている場合には、該凹部を、第1のバリアメタル膜402及び銅シード層403を介して銅メッキ膜404により埋め込む。

【0087】

次に、半導体基板400をメッキ装置から取り出した後、銅メッキ膜404の結晶粒を成長させるために銅メッキ膜404に対して熱処理（例えば 100°C 程度の温度下で2時間程度）を行なう。これにより、図4(b)に示すように、銅シード層403と銅メッキ膜404とが一体化して第1の配線用銅膜405が形成される。尚、銅メッキ膜404に対して前述の熱処理を行なう代わりに、半導体基板400を室温下で2日間程放置しておいてもよい。

【0088】

その後、図4(b)に示すように、第1の配線用銅膜405の上に第1の配線形成領域を覆う第1のレジストパターン406を形成する。

【0089】

次に、第1のレジストパターン406をマスクとして、第1の配線用銅膜405及び第1のバリアメタル膜402に対して順次エッチングを行なって、図4(c)に示すように、第1の絶縁膜401の上に第1のバリアメタル膜402を介して第1の配線407を形成する。

【0090】

次に、図4(d)に示すように、第1の配線407の上を含む第1の絶縁膜401の上に、シリコン窒化膜408及び第2の絶縁膜409を順次堆積する。こ

れにより、第1の配線407の上面及び側面はシリコン窒化膜408を介して第2の絶縁膜409により覆われる。このとき、第1のバリアメタル膜402又はシリコン窒化膜408は、第2の絶縁膜409等を堆積するときの400℃程度の熱処理（例えばプラズマCVD法等）により、第1の配線407を構成する銅原子が第1の絶縁膜401又は第2の絶縁膜409等の内部に拡散する事態を防止する。すなわち、第1のバリアメタル膜402又はシリコン窒化膜408は、銅原子の拡散に対するバリア性を有している。

【0091】

次に、図4（e）に示すように、シリコン窒化膜408及び第2の絶縁膜409に、第1の配線407に達する深さ約500nmのビアホール410を形成する。

【0092】

次に、図5（a）に示すように、例えばスパッタ法により、ビアホール410を含む第2の絶縁膜409の上に膜厚25nmのRu膜からなる第2のバリアメタル膜411を堆積する。これにより、ビアホール410の底部及び壁面が第2のバリアメタル膜411により覆われる。

【0093】

その後、例えばスパッタ法により第2のバリアメタル膜411の上に膜厚600nmの第2の配線用銅膜412を堆積する。このとき、図5（a）に示すように、スパッタ法の指向性に起因して、第2の配線用銅膜412によりビアホール410を埋め込むことはできない。

【0094】

次に、図5（b）に示すように、例えば酸化還元リフロー法を用いて、酸化還元性雰囲気中で第2の配線用銅膜412に対して酸化及び還元を繰り返し行ない、それにより生じる反応熱によって第2の配線用銅膜412を流動させてビアホール410を埋め込む。尚、第2の配線用銅膜412に対して酸化を行なうときに第2のバリアメタル膜411も酸化される。しかし、第2のバリアメタル膜411を構成するRuの比抵抗が $7.5 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ であるのに対して、Ruの酸化物である RuO_2 の比抵抗は $35 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ であるので、第2のバリアメタル膜

4 1 1 は酸化されても導電性を失わない。

【0 0 9 5】

次に、図 5 (c) に示すように、第 2 の配線用銅膜 4 1 2 の上に第 2 の配線形成領域を覆う第 2 のレジストパターン 4 1 3 を形成した後、第 2 のレジストパターン 4 1 3 をマスクとして、第 2 の配線用銅膜 4 1 2 及び第 2 のバリアメタル膜 4 1 1 に対して順次エッチングを行なって、図 5 (d) に示すように、第 2 の配線用銅膜 4 1 2 からなるビア 4 1 4 及び第 2 の配線 4 1 5 を形成する。これにより、ビア 4 1 4 を介して第 1 の配線 4 0 7 と第 2 の配線 4 1 5 とが接続される。

【0 0 9 6】

その後、図示は省略しているが、必要に応じて、図 4 (d)、(e) 及び図 5 (a) ～ (d) に示す工程を繰り返すことにより、所望の多層配線構造を形成する。

【0 0 9 7】

以上に説明したように、第 4 の実施形態によると、第 1 の絶縁膜 4 0 1 の上に、Ru つまり「酸化されても導電性を失わない金属」からなる第 1 のバリアメタル膜 4 0 2 と、銅シード層 4 0 3 とを順次堆積した後、電解メッキ法により銅シード層 4 0 3 上に銅メッキ膜 4 0 4 を成長させ、その後、銅シード層 4 0 3 と銅メッキ膜 4 0 4 とが一体化した第 1 の配線用銅膜 4 0 5 に対してエッチングを行なって第 1 の配線 4 0 7 を形成する。このため、第 1 の絶縁膜 4 0 1 の上に第 1 のバリアメタル膜 4 0 2 及び銅シード層 4 0 3 を順次堆積したときに、銅シード層 4 0 3 のカバレッジが悪いことに起因して第 1 のバリアメタル膜 4 0 2 に露出部分が生じて、該露出部分が酸化によって導電性を失うことがない。従って、第 1 のバリアメタル膜 4 0 2 の酸化に起因して、第 1 のバリアメタル膜 4 0 2 を含めた第 1 の配線 4 0 7 の抵抗が増大する事態を回避できる。

【0 0 9 8】

また、第 4 の実施形態によると、ビアホール 4 1 0 を含む第 2 の絶縁膜 4 0 9 の上に、Ru つまり「酸化されても導電性を失わない金属」からなる第 2 のバリアメタル膜 4 1 1 を堆積した後、第 2 のバリアメタル膜 4 1 1 上に第 2 の配線用銅膜 4 1 2 をビアホール 4 1 0 が完全に埋まるように形成し、その後、第 2 の配

線用銅膜 412 に対してエッチングを行なってビア 414 及び第 2 の配線 415 を形成する。このため、第 2 の絶縁膜 409 上に第 2 のバリアメタル膜 411 を堆積した後に、例えば酸化性雰囲気中で第 2 のバリアメタル膜 411 の上に第 2 の配線用銅膜 412 を形成するときにも、第 2 のバリアメタル膜 411 が酸化によって導電性を失うことがない。従って、第 2 のバリアメタル膜 411 の酸化に起因して、第 2 のバリアメタル膜 411 を含めたビア 414 又は第 2 の配線 415 の抵抗が増大する事態を防止できる。

【0099】

尚、第 4 の実施形態において、第 1 のバリアメタル膜 402 又は第 2 のバリアメタル膜 411 の材料として Ru を用いたが、これに代えて、他の「酸化されても導電性を失わない金属」、例えば Ir、又は Ru 若しくは Ir を含む合金等を用いてもよい。或いは、「酸化されても導電性を失わない金属」に代えて、「導電性を有する金属酸化物」、例えば RuO_2 、 IrO_2 、Ru 若しくは Ir を含む合金の酸化物、YBCO 等の超伝導酸化物、又は $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{MnO}_3$ 等の化合物等を用いてもよい。

【0100】

また、第 4 の実施形態において、銅シード層 403、銅メッキ膜 404 又は第 2 の配線用銅膜 412 の材料として純銅を用いたが、これに代えて、銅合金を用いてもよい。

【0101】

また、第 4 の実施形態において、第 1 の絶縁膜 401 又は第 2 の絶縁膜 409 として、 SiO_2 膜、塗布膜、又は C を含む誘電率の低い CVD 膜等を用いてもよい。

【0102】

また、第 4 の実施形態において、第 2 の配線用銅膜 412 を形成するためにスパッタ+リフロー法を用いたが、これに代えて、CVD 法、無電解メッキ法、イオンプレーティング法、又は CVD+高温スパッタ法等を用いてもよい。また、スパッタ+リフロー法のうちのリフロー法として、酸化還元リフロー法を用いたが、これに代えて、他のリフロー法を用いてもよい。

【0103】

また、第4の実施形態において、Ru膜からなる第1のバリアメタル膜402を含めた第1の配線407の抵抗を低減するために、第1のバリアメタル膜402の下側にRu膜以外の他の金属膜を設けてもよい。

【0104】

また、第4の実施形態において、Ru膜からなる第2のバリアメタル膜411を含めたビア414又は第2の配線415の抵抗を低減するために、第2のバリアメタル膜411の下側にRu膜以外の他の金属膜を設けてもよい。

【0105】

【発明の効果】

本発明によると、凹部の壁面にバリアメタル膜及びシード層を順次堆積したときに、シード層のカバレッジが悪いことに起因してバリアメタル膜に露出部分が生じても、該露出部分が酸化によって導電性を失うことがないので、埋め込み不良の発生を防止しつつ、電解メッキ法により凹部におけるシード層の上又はバリアメタル膜の上に導電膜を形成することができる。

【0106】

また、本発明によると、例えば酸化性雰囲気中でバリアメタル膜の上に配線用導電膜を形成するときにも、バリアメタル膜が酸化によって導電性を失うことがないので、バリアメタル膜の酸化に起因して配線抵抗が増大する事態を防止できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

(a)～(e)は本発明の第1の実施形態に係る半導体装置の製造方法の各工程を示す断面図である。

【図2】

(a)～(e)は本発明の第2の実施形態に係る半導体装置の製造方法の各工程を示す断面図である。

【図3】

(a)～(d)は本発明の第3の実施形態に係る半導体装置の製造方法の各工

程を示す断面図である。

【図 4】

(a) ～ (e) は本発明の第 4 の実施形態に係る半導体装置の製造方法の各工程を示す断面図である。

【図 5】

(a) ～ (d) は本発明の第 4 の実施形態に係る半導体装置の製造方法の各工程を示す断面図である。

【図 6】

(a) ～ (e) は従来の半導体装置の製造方法の各工程を示す断面図である。

【図 7】

(a)、(b) は従来の半導体装置の製造方法における問題点を説明するための図である。

【符号の説明】

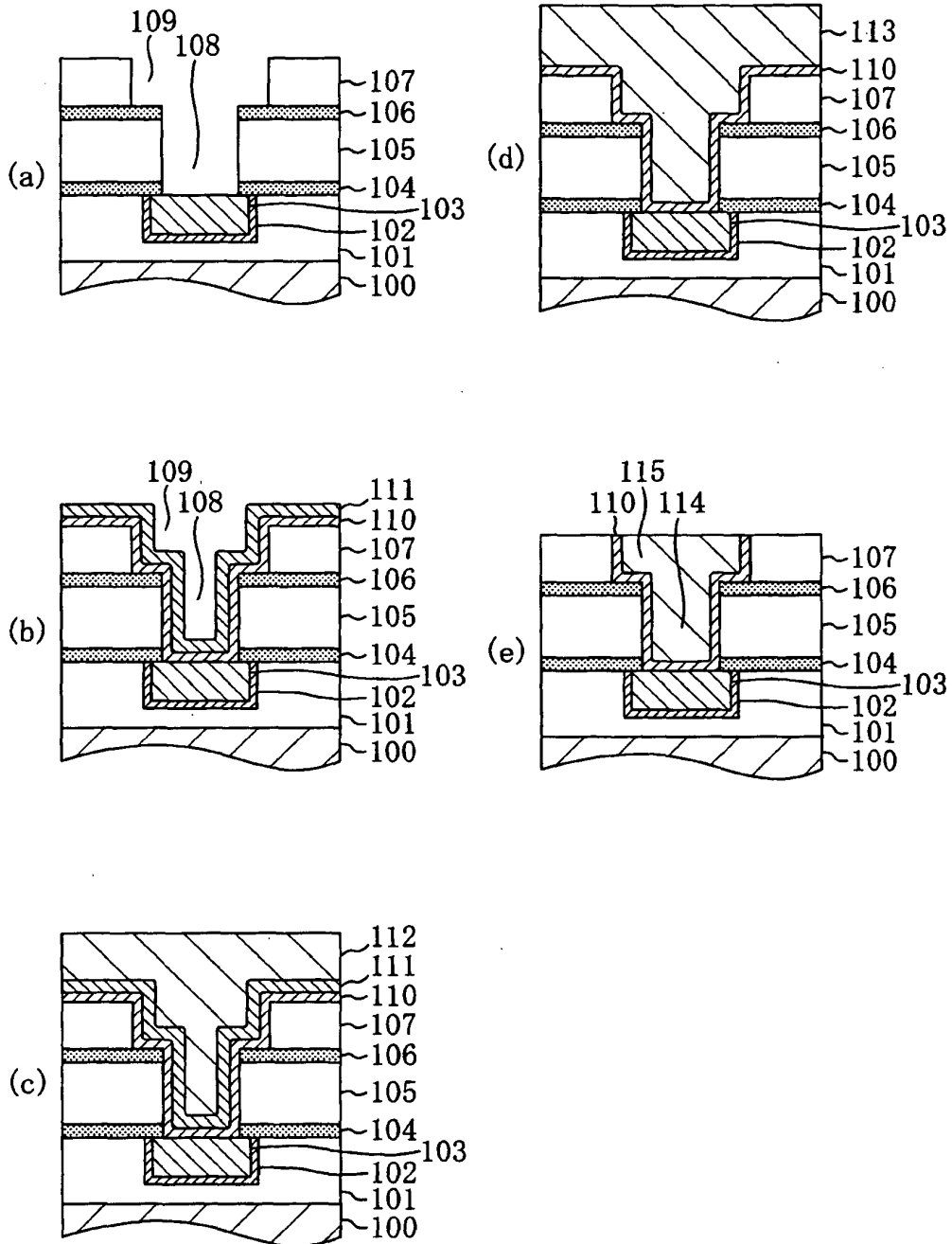
- 1 0 0 半導体基板
- 1 0 1 第 1 の絶縁膜
- 1 0 2 第 1 のバリアメタル膜
- 1 0 3 第 1 の配線
- 1 0 4 第 1 のシリコン窒化膜
- 1 0 5 第 2 の絶縁膜
- 1 0 6 第 2 のシリコン窒化膜
- 1 0 7 第 3 の絶縁膜
- 1 0 8 ビアホール
- 1 0 9 配線用溝
- 1 1 0 第 2 のバリアメタル膜
- 1 1 1 銅シード層
- 1 1 2 銅メッキ膜
- 1 1 3 配線用銅膜
- 1 1 4 ビア
- 1 1 5 第 2 の配線

- 2 0 0 半導体基板
- 2 0 1 第 1 の絶縁膜
- 2 0 2 第 1 のバリアメタル膜
- 2 0 3 第 1 の配線
- 2 0 4 第 1 のシリコン窒化膜
- 2 0 5 第 2 の絶縁膜
- 2 0 6 第 2 のシリコン窒化膜
- 2 0 7 第 3 の絶縁膜
- 2 0 8 ビアホール
- 2 0 9 配線用溝
- 2 1 0 第 2 のバリアメタル膜
- 2 1 1 銅シード層
- 2 1 2 銅メッキ膜
- 2 1 3 配線用銅膜
- 2 1 4 ビア
- 2 1 5 第 2 の配線
- 3 0 0 半導体基板
- 3 0 1 第 1 の絶縁膜
- 3 0 2 第 1 のバリアメタル膜
- 3 0 3 第 1 の配線
- 3 0 4 第 1 のシリコン窒化膜
- 3 0 5 第 2 の絶縁膜
- 3 0 6 第 2 のシリコン窒化膜
- 3 0 7 第 3 の絶縁膜
- 3 0 8 ビアホール
- 3 0 9 配線用溝
- 3 1 0 第 2 のバリアメタル膜
- 3 1 1 配線用銅膜
- 3 1 2 ビア

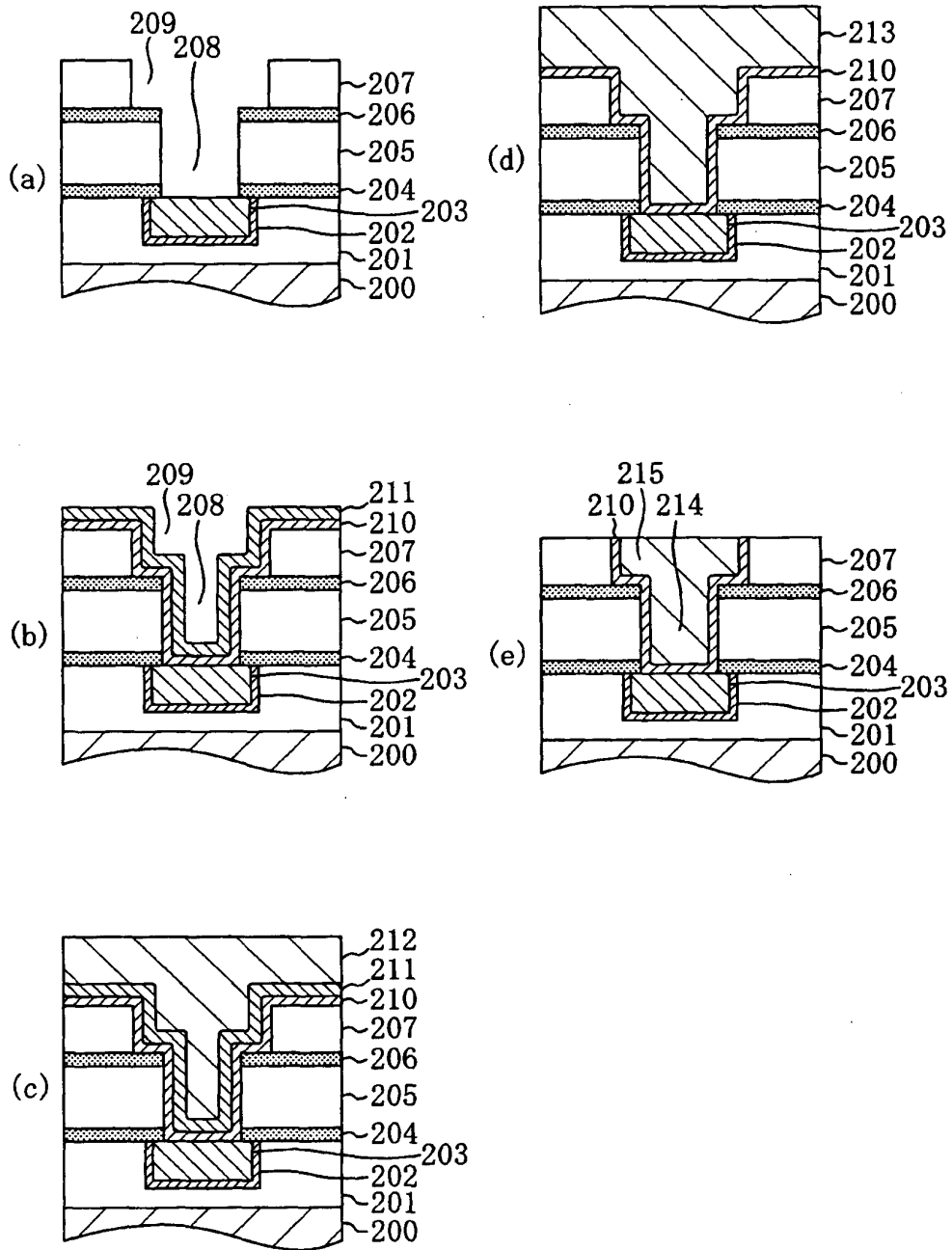
- 3 1 3 配線
- 4 0 0 半導体基板
- 4 0 1 第 1 の絶縁膜
- 4 0 2 第 1 のバリアメタル膜
- 4 0 3 銅シード層
- 4 0 4 銅メッキ膜
- 4 0 5 第 1 の配線用銅膜
- 4 0 6 第 1 のレジストパターン
- 4 0 7 第 1 の配線
- 4 0 8 シリコン窒化膜
- 4 0 9 第 2 の絶縁膜
- 4 1 0 ビアホール
- 4 1 1 第 2 のバリアメタル膜
- 4 1 2 第 2 の配線用銅膜
- 4 1 3 第 2 のレジストパターン
- 4 1 4 ビア
- 4 1 5 第 2 の配線

【書類名】 図面

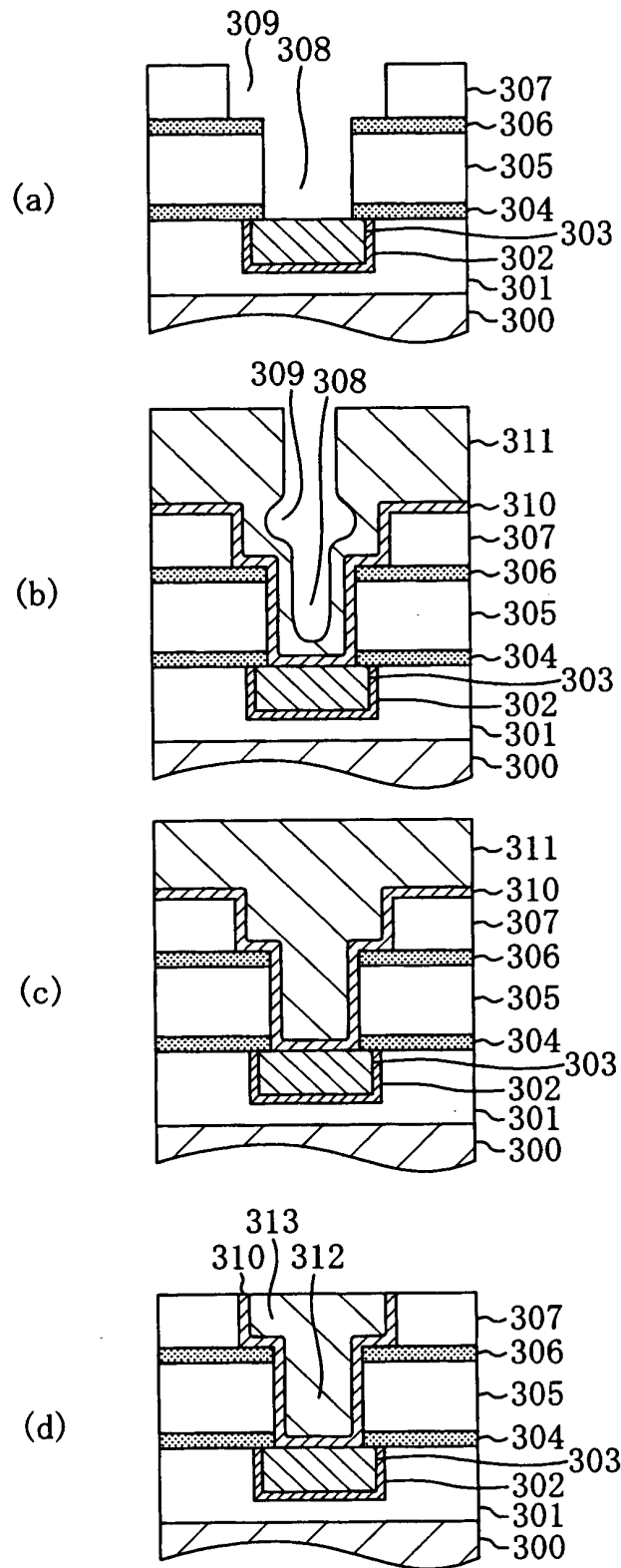
【図 1】



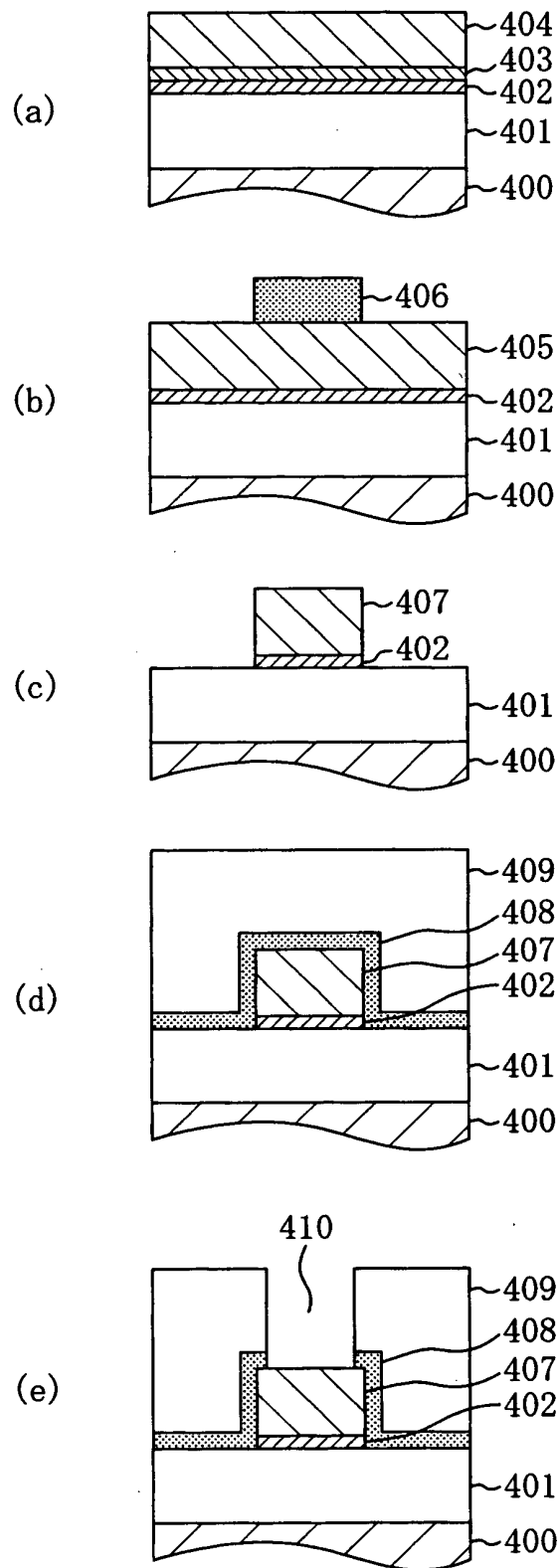
【図 2】



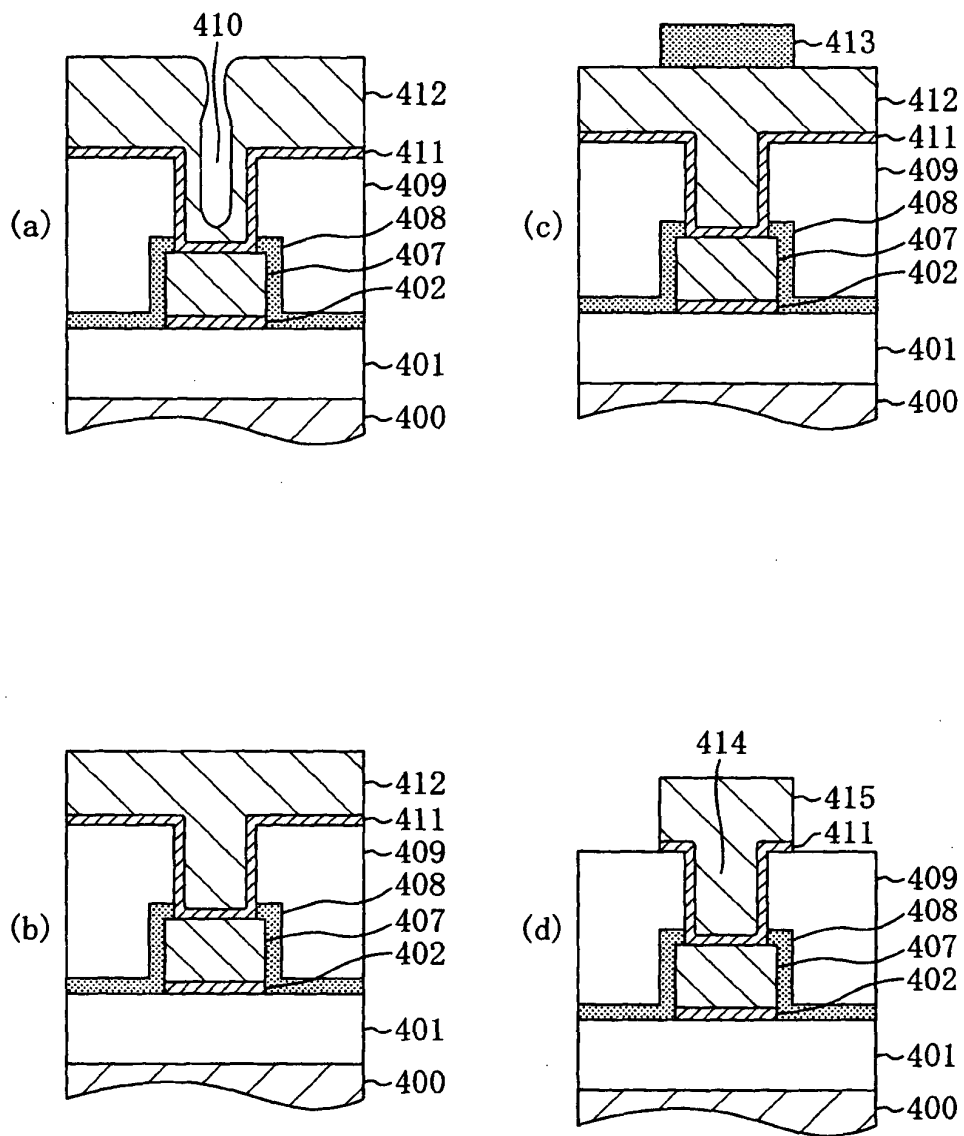
【図 3】



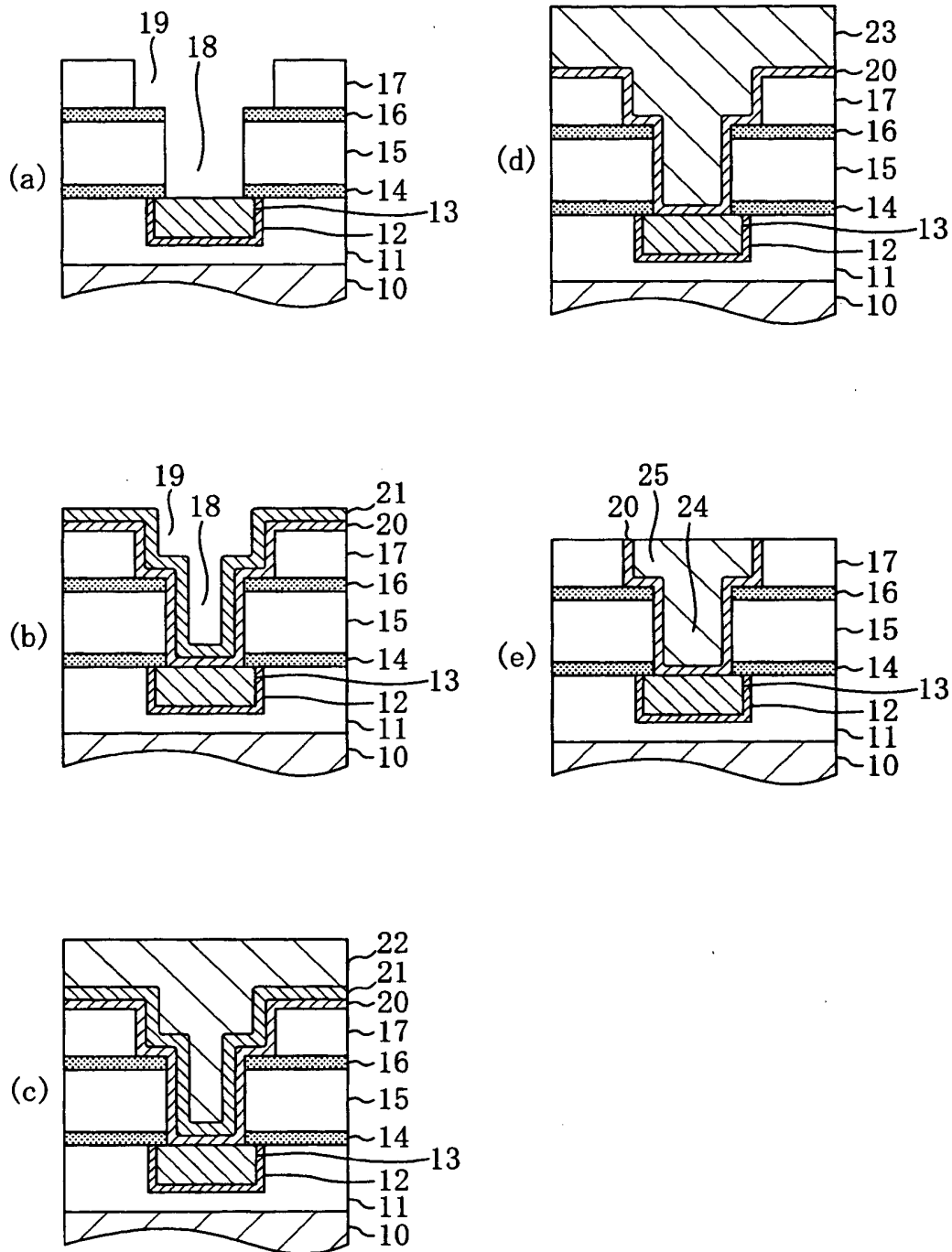
【図 4】



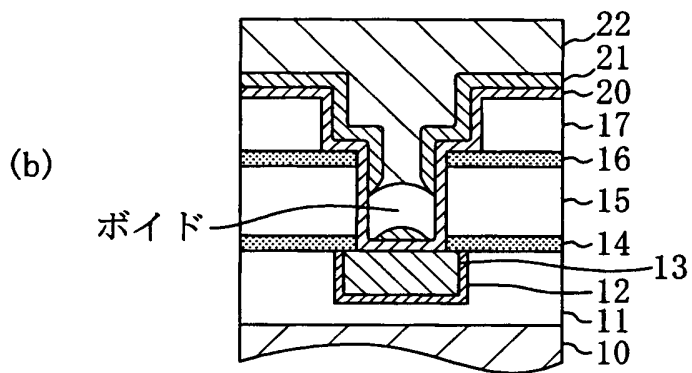
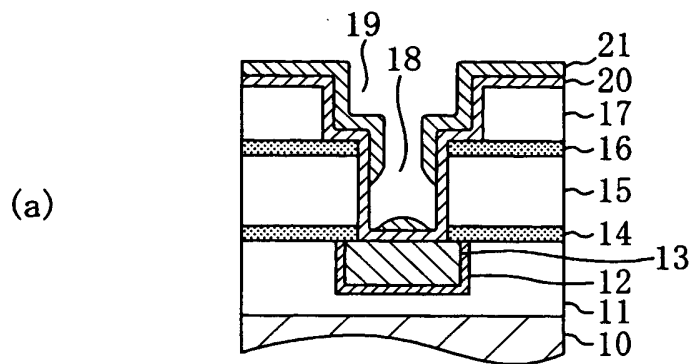
【図 5】



【図 6】



【図 7】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 埋め込み不良の発生を防止しつつ、電解メッキ法により凹部におけるシード層の上又はバリアメタル膜の上に導電膜を形成できるようにする。

【解決手段】 半導体基板 1 0 0 上の絶縁膜にビアホール 1 0 8 及び配線用溝 1 0 9 を形成した後、ビアホール 1 0 8 及び配線用溝 1 0 9 のそれぞれの底部及び壁面に、R u 膜からなる第 2 のバリアメタル膜 1 1 0、及び銅シード層 1 1 1 を順次堆積する。電解メッキ法により銅シード層 1 1 1 の上に銅メッキ膜 1 1 2 を、ビアホール 1 0 8 及び配線用溝 1 0 9 のそれぞれが完全に埋まるように成長させる。銅シード層 1 1 1 と銅メッキ膜 1 1 2 とを一体化して配線用銅膜 1 1 3 を形成することにより、配線用銅膜 1 1 3 からなるビア 1 1 4 及び第 2 の配線 1 1 5 を形成する。

【選択図】 図 1

【書類名】 出願人名義変更届（一般承継）
【提出日】 平成13年 4月26日
【あて先】 特許庁長官 殿
【事件の表示】
【出願番号】 特願2000-253794
【承継人】
【識別番号】 000005821
【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社
【代表者】 中村 ▲邦▼夫
【提出物件の目録】
【物件名】 権利の承継を証明する書面 1
【援用の表示】 平成13年 4月16日付提出の特許番号第31505
60号の一般承継による特許権の移転登録申請書に添付
した登記簿謄本を援用する。

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005843]

1. 変更年月日 1993年 9月 1日
[変更理由] 住所変更
住 所 大阪府高槻市幸町1番1号
氏 名 松下電子工業株式会社

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005821]

1. 変更年月日 1990年 8月28日
[変更理由] 新規登録
住 所 大阪府門真市大字門真1006番地
氏 名 松下電器産業株式会社